

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-182071

(43)Date of publication of application : 11.07.1997

(51)Int.Cl.

H04N 7/30

H03H 17/02

H03H 17/02

H03M 7/30

H04N 1/41

(21)Application number : 07-338664

(71)Applicant : NISSIN ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 26.12.1995

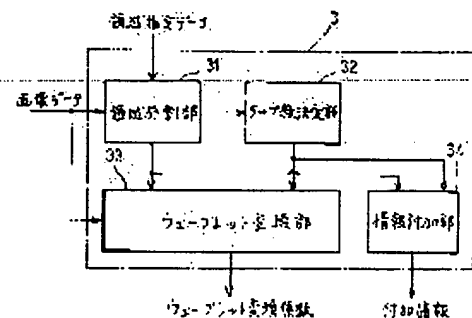
(72)Inventor : NISHIMURA KOJI

(54) IMAGE PROCESSOR USING WAVELET CONVERSION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To speed up the processing for the whole of an image without lowering the image quality of a critical area for which detailed information is required.

SOLUTION: An area division part 31 divides an image into plural areas according to a importance (the detail of requested image information). A number of tap determination part 32 determines the number of tap for every area so as to increase the number of the tap of a wavelet conversion filter to be used for the area where the importance is higher. Subsequently, a wavelet conversion part 33 performs a wavelet conversion by using the filter of the number of tap fixed for each area. An information addition part 34 adds additional information including area division information and the filter information used in each area to the compressed data (data after quantization/encoding) after the wavelet conversion.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-182071

(43) 公開日 平成9年(1997)7月11日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 N 7/30			H 0 4 N 7/133	Z
H 0 3 H 17/02	6 2 1	9274-5 J	H 0 3 H 17/02	6 2 1 A
	6 7 1	9274-5 J		6 7 1 C
H 0 3 M 7/30		9382-5 K	H 0 3 M 7/30	A
H 0 4 N 1/41			H 0 4 N 1/41	B

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平7-338664

(22) 出願日 平成7年(1995)12月26日

(71) 出願人 000003942

日新電機株式会社

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地

(72) 発明者 西村 耕二

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地 日

新電機株式会社内

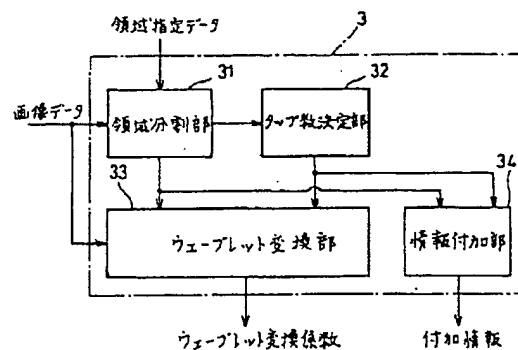
(74) 代理人 弁理士 原 謙三

(54) 【発明の名称】 ウェーブレット変換を用いた画像処理装置

(57) 【要約】

【課題】 詳細な情報が必要な重要領域の画質を低下させることなく、画像全体に対する処理を高速化する。

【解決手段】 領域分割部31が画像を重要度(要求される画像情報の詳細さ)に応じて複数の領域に分割し、タップ数決定部32が重要度が高い領域ほど使用するウェーブレット変換フィルタのタップ数が多くなるように、各領域毎にタップ数を決定する。その後、ウェーブレット変換部33が各領域毎に定められたタップ数のフィルタを用いてウェーブレット変換を行う。そして、ウェーブレット変換後の圧縮データ(量子化・符号化後のデータ)には、情報付加部34が領域分割情報および各領域で使用したフィルタ情報を含む付加情報を付け加える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】ウェーブレット変換を用いて画像圧縮処理を行う画像処理装置において、

変換対象画像を重要度に応じて複数の領域に分割する領域分割手段と、

重要度が高い領域ほど使用するウェーブレット変換フィルタのタップ数が多くなるように、分割された各領域毎に当該フィルタのタップ数を決定するタップ数決定手段と、

各領域に定められたタップ数のフィルタを用いて各領域毎にウェーブレット変換を行うウェーブレット変換手段と、

ウェーブレット変換後の圧縮データに、領域分割情報および各領域で使用したフィルタ情報を含む付加情報を付け加える情報付加手段とを備えていることを特徴とするウェーブレット変換を用いた画像処理装置。

【請求項 2】最も重要度の低い領域に対して 2 タップのウェーブレット変換フィルタを使用することを特徴とする請求項 1 記載のウェーブレット変換を用いた画像処理装置。

* 装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像データの直交変換にウェーブレット変換を用いた画像処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】今日では、新しい画像圧縮アルゴリズムとして、ウェーブレット変換などの帯域分割方式が注目されている。この方式は、フーリエ変換と同様に画像データの周波数分解を基礎とするものであるが、周波数に関して階層的に画像データを変換するアルゴリズムになっている。

【0003】上記のウェーブレット変換は、デジタルデータ処理の立場から見れば、下式 (1a) および (1b) の代数方程式で表されるようなフィルタ操作に相当する。

【0004】

【数 1】

$$\begin{cases} x_k = \sum_{m=0}^{N-1} h_{m-2k} z_m & \text{----- (1a)} \\ y_k = \sum_{m=0}^{N-1} g_{m-2k} z_m & \text{----- (1b)} \end{cases}$$

$$(k = 0, 1, \dots, \frac{N}{2} - 1)$$

【0005】ここで、 $\{z_i\} = \{z_0, z_1, \dots, z_{N-1}\}$ はフィルタへの入力信号（データの個数 N は偶数とする）、 $\{x_k\}$ および $\{y_k\}$ はフィルタからの出力信号であり、 $\{h_i\}$ はローパスフィルタに相当し、 $\{g_i\}$ はハイパスフィルタに相当する。

【0006】上記ウェーブレット変換がフーリエ変換と大きく異なる点は、ウェーブレット変換は局在した波の重ね合わせによるデータの表現であり、ある空間的な場所でのある周波数近くの波（波束、ウェーブレット）の振幅をもってウェーブレット変換係数としている点である。このように、局在した波を使用しているために、フーリエ変換とは異なり、ウェーブレット変換係数は位置の情報も同時に持ち合わせている。また、波の局在性ゆえに個々の波の影響は遠くに伝播しない。これらの点はウェーブレット変換の大きな特徴であり利点でもある。

【0007】上記のウェーブレット変換には、基本とする波（ウェーブレット）を何にするかという任意性があるために、いろいろな種類のものが存在する。今日では、直交性があり、且つ実空間・周波数空間でともにコンパクトサポート（波が有限区間で定義されている）と

いう 2 つの特徴点を兼ね備えた離散ウェーブレット変換フィルタが、4 タップから 20 タップを越えるようなものまで設計されている。

【0008】上記のような優れた特徴点を持つ離散直交ウェーブレット変換の場合、ローパスフィルタ $\{h_i\}$ とハイパスフィルタ $\{g_i\}$ とは、次の関係式で結ばれている。

$$【0009】 g_k = (-1)^k h_{-k+1, \dots, K}$$

ここで、 K は任意の自然数であり、フィルタの中心をシフトさせる役割をする。

【0010】尚、処理速度の面から実用的と考えられるのは、下表 1 または表 2 に示されるフィルタ係数を有する 4 または 6 タップの離散ウェーブレット変換の直交フィルタである。下表 1 および表 2 において、ローパスフィルタのフィルタ係数は " h_0, h_1, \dots "、ハイパスフィルタのフィルタ係数は " g_0, g_1, \dots " で示しており、4 タップでは h_0 、ないし h_1 、および g_0 、ないし g_1 、以外のフィルタ係数は全て 0 であり、6 タップでは h_0 、ないし h_1, \dots 、および g_0 、ないし g_1, \dots 、以外のフィルタ係数は全て 0 である。

【0011】

* * 【表1】

4タップフィルタ			
ローパスフィルタ		ハイパスフィルタ	
h_0	0.482963	g_0	-0.129410
h_1	0.836516	g_1	-0.224144
h_2	0.224144	g_2	0.836516
h_3	-0.129410	g_3	-0.482963

【0012】

※10※ 【表2】

6タップフィルタ			
ローパスフィルタ		ハイパスフィルタ	
h_0	0.332671	g_0	0.095226
h_1	0.806892	g_1	0.085441
h_2	0.459878	g_2	0.135011
h_3	-0.135011	g_3	-0.459878
h_4	-0.085441	g_4	0.806892
h_5	0.035226	g_5	-0.332671

【0013】また、最も簡単な2タップフィルタは、 H_a ★【0014】
 ar 変換として古くから知られている（下表3参照）。 ★ 【表3】

2タップフィルタ			
ローパスフィルタ		ハイパスフィルタ	
h_0	$0.707107 (=1/2^{1/2})$	g_0	0.707107
h_1	0.707107	g_1	-0.707107

【0015】これらのフィルタのうち、タップ数が4以上のものは、画像端での処理に関して周期的境界条件（周期関数としての条件）を仮定して設計されている。すなわち、下記のN個の画像データ列
 $z_0, z_1, z_2, \dots, z_{N-2}, z_{N-1}$
 の入力データ $\{z_i\}$ に対して、その両端部を仮想的に☆

$$x_0 = h_0 z_0 + h_1 z_1 + h_2 z_2 + h_3 z_3$$

$$x_1 = h_0 z_1 + h_1 z_2 + h_2 z_3 + h_3 z_4$$

:

$$x_{(N/2)-1} = h_0 z_{N-2} + h_1 z_{N-1} + h_2 z_N + h_3 z_{N+1}$$

および、

$$y_0 = g_0 z_0 + g_1 z_1 + g_2 z_2 + g_3 z_3$$

$$y_1 = g_0 z_1 + g_1 z_2 + g_2 z_3 + g_3 z_4$$

:

$$y_{(N/2)-1} = g_0 z_{N-2} + g_1 z_{N-1} + g_2 z_N + g_3 z_{N+1}$$

となり、画像端での低周波成分 $x_{(N/2)-1}$ および高周波成分 $y_{(N/2)-1}$ の計算時に、データ z_N および z_{N+1} が不足するので、 $z_N = z_0$ 、 $z_{N+1} = z_1$ として補う。

【0016】このように周期的境界条件を課すことの利点は、上記のフィルタ操作が直交行列で簡潔に表現でき

30☆拡張して当該入力データ $\{z_i\}$ を、
 $\dots, z_0, z_1, z_2, \dots, z_{N-2}, z_{N-1}, z_0, z_1, z_2, \dots$
 と考えて、上式(1a)および(1b)が適用できるようにしている。例えば、4タップフィルタでは、

ることであり、これにより当該行列の転置をとることによって逆変換を直ちに求めることができる。すなわち、ウェーブレット逆変換は、

【0017】

【数2】

$$z_k = \sum_{i=0}^{\frac{N}{2}-1} (h_{k-2i}x_i + g_{k-2i}y_i) \quad \cdots(2)$$

$$(k = 0, 1, \dots, N-1)$$

【0018】で表されるのである。このように、画像の低周波成分と高周波成分との重ね合わせで元のデータは完全に再現される。

【0019】また、画像に関しては2次元データであるので、通常の2次元フーリエ変換と同様にして、変換を縦（垂直方向）・横（水平方向）に連続して行う（順番には依存しない）ことによって、2次元ウェーブレット変換係数が得られる。ハイパスフィルタで変換したデータをHデータ、ローパスフィルタで変換したデータをLデータとすると、画像の場合は縦方向と横方向とに変換を行うので、LL、LH、HL、HHの4種類の帯域に分割された変換データが得られる。このうち、LLデータに関しては、再帰的に2次元ウェーブレット変換を行う。この場合、ウェーブレット変換を行う毎にLLデータの解像度は低くなっていく（いわゆる多重解像度解析）。このように、ウェーブレット変換は、解像度の高い方から低い方へと解像度を落としながらデータを分離していくのが特徴である。

【0020】上述のようにウェーブレット変換係数をそのまま使用すれば、逆変換によって元のデータが完全に再現されるが、実際には、変換データ（ウェーブレット変換係数）は量子化という操作を受け、自身のエントロピーを下げる。すなわち、上記のウェーブレット変換によって得られた各帯域の変換データは、Maxの量子化等の非線形量子化が行われた後、さらにハフマン符号化等のエントロピー符号化が行われ、圧縮データとなる。上記の量子化の際には、高圧縮率を得るために、「人間の目は高周波の変化には敏感ではない」という視覚特性を利用して、量子化の際に低周波成分よりも高周波成分のビット割り当てを少なくするという手法をとり、画質の劣化を抑えたデータ圧縮を実現している。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】上記のような画像データの画像圧縮処理においては、変換時のフィルタのタップ数が多くなると連れて処理速度が低下する。一方、フィルタのタップ数が少なくなれば、処理速度の向上は期待できるが、その分画質が低下するのは避けられず、詳細な画像情報を必要とする場合には不向きである。このような理由から、ウェーブレット変換として実用的なのは、現状では上述のように4または6タップ程度のものと考えられている。

【0022】ところで、一般に、画像圧縮処理をした後に画像全体を詳細に再現したいという状況は少なく、あ

る特定の必要な部分以外はそれほど詳細さが要求されないことのほうが多い。例えば、人の上半身の画像では、中央の顔の部分の情報はその他の部分よりも重要と考えられる。

【0023】しかしながら、従来の画像圧縮処理は大局的であり、特定のフィルタで画像全体の変換処理を行っているため、画像の一部に詳細な情報を必要とする領域があれば、その領域からの制限を受け、例えば2タップフィルタのような少ないタップ数のフィルタを使用することはできず、タップ数の多いフィルタの使用を余儀なくされ、処理速度の面で制約を受けるという問題がある。

【0024】本発明は、上記に鑑みてなされたものであり、その目的は、詳細な情報が必要な重要領域の画質を低下させることなく、画像全体に対する処理を高速化することができるウェーブレット変換を用いた画像処理装置を提供することにある。

【0025】

【課題を解決するための手段】ウェーブレット変換係数は、離散コサイン変換(DCT)係数等と異なり、周波数と同時に位置の情報を有している。これは、先に述べたように、ウェーブレット変換は局在した波でデータを表現しているからである。

【0026】このため、データの表現において、ある場所では細かい波（ウェーブレット）の重ね合わせで表現し、別の場所ではこれとは異なる粗い波（ウェーブレット）の重ね合わせで表現することが可能である。この方法を用いると、画像の局所的な内容（重要度：詳細な画像情報が必要かどうか）に応じた適応的なウェーブレット変換を行うことが可能となる。

【0027】そこで、請求項1の発明に係るウェーブレット変換を用いて画像圧縮処理を行う画像処理装置は、上記の課題を解決するために、上記のようなウェーブレット変換の属性を利用し、変換対象画像を重要度に応じて複数の領域に分割する領域分割手段と、重要度が高い領域ほど使用するウェーブレット変換フィルタのタップ数が多くなるように、分割された各領域毎に当該フィルタのタップ数を決定するタップ数決定手段と、各領域に定められたタップ数のフィルタを用いて各領域毎にウェーブレット変換を行うウェーブレット変換手段と、ウェーブレット変換後の圧縮データ（ウェーブレット変換係数を量子化および符号化したデータ）に、領域分割情報および各領域で使用したフィルタ情報を含む付加情報を

10

20

30

40

50

付け加える情報付加手段とを備えていることを特徴としている。

【0028】上記の構成によれば、ウェーブレット変換の前処理として、領域分割手段による重要度に応じた領域分割、およびタップ数決定手段による各領域毎のタップ数の決定が行われる。上記の領域分割手段は、オペレータの操作による直接的な領域指定に基づいて領域分割する構成でも、輪郭抽出等の処理を行う認識装置の処理結果に基づいて領域分割する構成でもよい。また、各領域の形状・大きさは任意である。また、タップ数の決定に際しては、重要度が高い領域ほど使用するフィルタのタップ数が多くなるようにする。

【0029】上記の前処理の後、各領域に定められたタップ数のフィルタを用いて各領域毎にウェーブレット変換を行う。この場合、重要度の低い領域ほどタップ数の少ないフィルタで処理が行われるので、高速処理が可能である。

【0030】そして、ウェーブレット変換後の圧縮データに、領域分割情報および各領域で使用したフィルタ情報が付加されるので、その後の伸張過程では、当該付加情報に基づいてウェーブレット逆変換が可能である。

【0031】このように、画像全体を一種類のフィルタで処理するのではなく、画像の局所的な内容に応じてタップ数を変えてウェーブレット変換を行うことによって、必要な情報を保持したまま高速な処理が可能である。

【0032】また、請求項2の発明に係るウェーブレット変換を用いた画像処理装置は、請求項1記載の発明の構成において、最も重要度の低い領域に対して2タップのウェーブレット変換フィルタを使用することを特徴としている。

【0033】このように、2タップのウェーブレット変換フィルタを使用した場合、4タップ以上のフィルタのように周期的境界条件のような特別な条件を課さなくても良いため、処理速度が高速になるばかりでなく、周期的境界条件を課したときに生じる量子化誤差等の悪影響が現れない。

【0034】

【発明の実施の形態】発明の実施の一形態について図1ないし図11に基づいて説明すれば、以下の通りである。

【0035】本実施形態に係る画像圧縮装置（画像処理装置）の構成例を図2に示す。この画像圧縮装置は、基本的に、画像データ入出力部1と、画像処理用メモリ2と、画像処理用CPU（Central Processing Unit）3と、量子化器4と、符号化器5とを備え、これらが内部バス6で相互接続された構成である。

【0036】上記画像データ入出力部1は、外部から処理すべき画像データを入力し、画像処理用メモリ2へ送ると共に、符号化された圧縮データを外部へ出力する。

【0037】上記画像処理用メモリ2は、画像データ入出力部1を介して外部から入力された画像データを一旦格納し、当該データを画像処理用CPU3へ渡す。また、画像処理用メモリ2は、画像処理用CPU3でウェーブレット変換されたデータ（ウェーブレット変換係数）、量子化されたウェーブレット変換係数、および符号化されたウェーブレット変換係数等を格納する。

【0038】上記画像処理用CPU3は、画像処理用メモリ2上の画像データに対して後述する局所的なウェーブレット変換を施し、その結果を画像処理用メモリ2へ書き込む。

【0039】上記画像処理用CPU3における機能モジュール構成を示せば、図1に示すように、基本的には、領域分割部31（領域分割手段）と、タップ数決定部32（タップ数決定手段）と、ウェーブレット変換部33（ウェーブレット変換手段）と、情報付加部34（情報付加手段）とからなる。上記の各部31～34は、図示しないメモリ内に格納された所定のプログラムを実行し、以下に示す処理を行う。

【0040】上記領域分割部31は、与えられた領域指定データに基づき、画像を重要度に応じて複数の領域に分割する。

【0041】上記タップ数決定部32は、重要度が高い領域ほど使用するウェーブレット変換フィルタのタップ数が多くなるように、領域分割部31で分割された各領域毎にフィルタのタップ数を決定する。

【0042】上記ウェーブレット変換部33は、各領域に定められたタップ数のフィルタを用いて各領域毎にウェーブレット変換を行う。このウェーブレット変換部33の基本構成を、図3に示す。このウェーブレット変換処理部は、縦（垂直方向）・横（水平方向）各々のハイパスフィルタ（HPF）およびローパスフィルタ（LPF）を含み、これら2種のフィルタによるフィルタリングを、2次元画像データ（原画像またはLLデータ）の各行と各列にそれぞれ施して帯域分割し、LL、LH、HL、HHの4種類の変換データを得る。このうち、LLデータに関しては、上記のフィルタリング、すなわち2次元ウェーブレット変換処理を所定の回数だけ再帰的に行う。このようなフィルタリング処理を、領域毎にタップ数を切り替えて行う。

【0043】図1に示す上記情報付加部34は、ウェーブレット変換後の圧縮データ（ウェーブレット変換係数を量子化および符号化したデータ）に、領域分割情報および各領域で使用したフィルタ情報を含む付加情報を付け加える。

【0044】また、図2に示す上記量子化器4は、画像処理用CPU3の変換処理によって得られた画像処理用メモリ2上のウェーブレット変換係数を読み込み、低周波成分よりも高周波成分のビット割り当てが少なくなるようにして非線形量子化（Maxの量子化等）を行う。

【0045】上記符号化器5は、量子化器4で量子化された画像処理用メモリ2上のウェーブレット変換係数を読み込み、ハフマン符号化やランレングス符号化等のエントロピー符号化を行って圧縮データストリームを作成した後に、画像処理用メモリ2へ書き込む。

【0046】次に、上記の画像圧縮装置の動作を、図4のフローチャートに基づいて説明する。尚、ここでは一例として人物画像の圧縮処理について説明する。

【0047】先ず、人物画像において詳細な情報が必要な第1領域、例えば顔の部分を含む方形領域を決定し、人物画像を第1領域とそれ以外の詳細な情報が必要ない第2領域とに領域分割する(S1)。この領域分割の設定情報は、所定の記憶領域に一時的に格納される。

【0048】この場合の領域指定方法は、オペレータ自身がマニュアル操作で指定する場合と、パターン認識等による自動領域指定とがある。オペレータ自身が領域指定する場合、変換対象の人物画像を画面上で見ながら、ポインティングデバイス等の入力手段で領域を選択指定する。また、自動領域指定の場合、輪郭抽出等を行い顔の部分の判定して領域を決定するプログラムを、画像処理用CPU3（あるいは図示しない専用のプロセッサ）が前処理として実行する。

【0049】尚、人物画像の場合は領域指定は一回で十分と考えられるが、必要であれば上記の領域指定を必要回数だけ繰り返す。

【0050】次に、上記のように領域分割が行われると、各領域に対して使用するウェーブレット変換フィルタのタップ数を設定する(S2)。このフィルタの設定情報も、領域分割情報と共に、所定の記憶領域に一時的に格納される。

【0051】本実施形態では、一例として、図5に示すように、詳細な情報が必要な第1領域に4タップフィルタ、それ以外の第2領域に2タップフィルタを使用するものとする。

【0052】次に、上記で設定された領域分割情報およびフィルタ情報に基づいて、指定された領域毎に、各領域に対応するタップ数のフィルタを使用したウェーブレット変換を、必要な回数だけ繰り返す(S3)。この場合、4タップフィルタで処理される第1領域に比べて、第2領域は2タップフィルタによって高速に変換処理が行われる。特に、2タップフィルタの場合、タップ数が少ないだけでなく、4タップ以上のフィルタのように周期的境界条件を課さなくても良いため、変換処理の高速化が図れる。

【0053】次に、上記の変換によって得られたデータ（ウェーブレット変換係数）を量子化器4へ渡し、Maxの量子化等の非線形量子化を行う(S4)。この量子化の際に、ウェーブレット変換の種類（タップ数の違い）に応じたウェーブレット変換係数の量子化を行うこともできる。この場合は、設定された領域情報に基づい

て量子化を行う。勿論、ウェーブレット変換の種類（タップ数の違い）によらず、低周波成分よりも高周波成分のビット数が少なくなるような、一般的なビット割り当てによる量子化を行ってもよい。

【0054】次に、量子化されたデータを符号化器5へ渡し、ハフマン符号化等の可変長符号化を行い、圧縮データを生成する(S5)。

【0055】その後、生成された圧縮データに、少なくとも領域分割情報および各領域で使用したフィルタ情報を含む付加情報を付け加える(S6)。付加情報としては、上記の情報の他に、変換回数（段数）、画像サイズ、符号化方法等の情報を含ませることができる。以上によって画像圧縮ルーチンが終了する。

【0056】尚、上記では、詳細な情報が必要な第1領域を指定する場合に、領域認識等が容易でウェーブレット変換時の処理が簡単となるように、方形の領域指定を行っているが、領域の形状・大きさは任意に指定することができるものである。

【0057】また、指定する領域は上述のように複数であっても構わない。さらに、重要度が高く詳細な情報が必要な第1領域とそれ以外の第2領域との2つのレベルに領域分割するのではなく、例えば重要度が高・中・低の3段階のレベルに分割する等、重要度に3以上の多段階レベルを設けた上での領域分割も可能である。例えば、3段階のレベルに領域分割した場合、重要度が最も高い領域には6タップ、中間レベルの領域には4タップ、そして最も低い領域には2タップのウェーブレット変換フィルタをそれぞれ使用することができる。

【0058】また、重要度が最も低い領域の処理には2タップフィルタを使用することが望ましいが、勿論、より重要度の高い領域に使用するフィルタのタップ数よりも少なければ、当該領域の処理に4タップ以上のフィルタを用いることも可能である。

【0059】次に、上記の画像圧縮装置によって得られた圧縮データを伸張する画像伸張装置の構成例を、図6に示す。この画像伸張装置は、基本的に、画像データ入出力部7と、画像処理用メモリ8と、画像処理用CPU9と、復号化器10とを備え、これらが内部バス11で相互接続された構成である。

【0060】上記画像データ入出力部7は、外部から処理すべき圧縮データを入力し、画像処理用メモリ8へ送ると共に、伸張された復元画像を外部へ出力する。

【0061】上記画像処理用メモリ8は、画像データ入出力部1を介して外部から入力された圧縮データを一旦格納し、当該データを画像処理用CPU9へ渡す。また、画像処理用メモリ8は、復号化器10で復号化されたウェーブレット変換係数や画像処理用CPU9でウェーブレット逆変換されたデータ等を格納する。

【0062】上記画像処理用CPU9は、画像処理用メモリ8上の復号化されたウェーブレット変換係数に対し

てウェーブレット逆変換を施し、その結果を画像処理用メモリ8へ書き込む。このウェーブレット逆変換処理を実行するに際し、上記画像処理用CPU9は、圧縮データに付加された付加情報から領域分割情報および各領域で使用したフィルタ情報を読み取って、各領域に応じたウェーブレット逆変換を行う。

【0063】上記復号化器10は、画像処理用メモリ8上の圧縮データを読み込み、復号化（ハフマン符号化等の逆に相当する処理）を行い、その結果を画像処理用メモリ8へ書き込む。

【0064】次に、上記の画像伸張装置の動作を、図7のフローチャートに基づいて説明する。

【0065】まず、圧縮データに付加された付加情報から領域分割情報および各領域で使用したフィルタ情報を読み取る（S21）。読み取った領域分割情報およびフィルタ情報は、所定の記憶領域に一時的に格納される。

【0066】次に、圧縮データの復号化を行った後（S22）、上記で読み取った領域分割情報およびフィルタ情報に基づいて、指定された領域毎に、各領域に対応するウェーブレット逆変換を、必要な回数だけ繰り返す（S23）。この場合、4タップフィルタで処理された第1領域に比べて、2タップフィルタで処理された第2領域の方が、高速な逆変換処理が可能である。

【0067】尚、上記では、図2の画像圧縮装置と図6の画像伸張装置とをそれぞれ独立した装置として示したが、勿論、画像圧縮機能と画像伸張機能とを両方備えた1つの画像処理装置として構成することもできる。この場合、例えば、図2の装置に復号化器を付加し、画像処理用CPU3がウェーブレット変換および逆変換を行うような構成が考えられる。

【0068】以上のように、本実施形態のウェーブレット変換を用いた画像処理装置は、画像圧縮過程において、変換対象画像を重要度（要求される画像情報の詳細さ）に応じて複数の領域に分割し、重要度が高い領域ほど使用するウェーブレット変換フィルタのタップ数が多くなるように、分割された各領域毎に当該フィルタのタップ数を決定し、各領域毎に独立して、決定されたタップ数のフィルタを用いてウェーブレット変換を行い、ウェーブレット変換後のデータに領域分割情報および各領域で使用したフィルタ情報を含む付加情報を付け加えることを特徴としている。

【0069】このように、画像全体を一種類のフィルタで処理するのではなく、画像の局所的な内容に応じてタップ数を変えてウェーブレット変換を行うことによって、必要な情報を保持したまま処理速度の高い画像圧縮、およびその後の画像伸張処理が可能である。

【0070】上記の構成において、最も重要度の低い領域に対して2タップのウェーブレット変換フィルタを使用した場合、4タップ以上のフィルタのように周期的境界条件を課さなくても良いため、処理速度が高速になる

ばかりでなく、周期的境界条件を課したときに生じる量子化誤差の影響（詳細は後述）が現れないという利点もある。

【0071】ここで、圧縮過程におけるウェーブレット変換処理の方法を、より具体的に説明する。

【0072】まず、考えられるのは、領域の境界でフィルタを切り替える方法である。すなわち、縦方向のフィルタリングを行っている場合には、領域が変わる境界の列まで例えば2タップフィルタを使用し、領域が変わると4タップフィルタを使用し、再度領域が変わると2タップフィルタに戻すといった処理方法である。領域の境界を含まない行・列の場合はフィルタの切り替えは不要であるが、領域の境界を含む行・列の場合は、境界のたびにフィルタを切り替えながらフィルタリングを行う。

【0073】その他の方法としては、図8に示すように、画像全体の中から第1領域を取り出して4タップフィルタによってウェーブレット変換処理すると共に、第2領域の第1領域が抜けた部分にダミーデータ（全ての画素が“0”のデータ）を当てて第2領域を2タップフィルタによってウェーブレット変換処理し、その後、第2領域のダミーデータ領域に相当する部分のデータを第1領域の変換データと置換する方法がある。この場合の第2領域のウェーブレット変換処理では、ダミーデータの領域は全て“0”なので、当該領域の処理をスキップすることができる。また、この処理方法では、第1領域と第2領域とのウェーブレット変換処理を並列して同時に行うことも可能であり、さらなる高速処理が可能である。

【0074】さらに他の方法としては、図9に示すように、第2領域をウェーブレット変換処理が行い易い適当な複数の領域（ここでは2つの領域A・B）に分割し、第1領域、第2領域（A）、および第2領域（B）の各領域に対して指定されたタップ数のフィルタを用いてウェーブレット変換処理を行うこともできる。この場合も、複数領域に対するウェーブレット変換処理を並列して同時に行うことが可能である。

【0075】尚、伸張過程におけるウェーブレット逆変換処理の際にも、上記と同様の方法を用いることができる。

【0076】ところで、4タップ以上のフィルタを用いるに際して前述のような周期的境界条件を課す場合、次のような悪影響が生じる。すなわち、上記の第1領域のように4タップ以上のフィルタを用いて処理する領域に対しては、領域端で周期的境界条件を課す必要があるが、領域の上下両端または左右両端でコントラストの強い画像に対して周期的境界条件を課してしまうと、画像の継ぎ目の部分（領域の上下左右の端部付近）に鋭い偽のエッジ（偽輪郭）が現れる。すなわち、一般的に画像データ値にはある程度の距離相関（冗長性）があるので、高周波成分は低周波成分に比べると少なくなってい

るが、上述のように周期的境界条件を課して画像端をつなげると、その継ぎ目の部分には画像データに距離相関がなく、データの不連続性のために高周波成分が多く含まれてしまうのである。

【0077】一般的に、画像符号化に際しては、高圧縮率を得るために、前述した人間の視覚特性を利用して、量子化の際に低周波成分よりも高周波成分のビット割り当てを少なくするという手法をとり、画質の劣化を抑えたデータ圧縮を実現している。但し、高周波成分のビット割り当てを少なくしていくと、エッジがぼやけてしまう。これはギブス現象 (Gibbs' phenomenon) とも言われるものである。上述のように周期的境界条件によって現れた偽のエッジは高周波成分が大きいので、圧縮率を高めるために高周波成分のビット割り当てを少なくしていった場合、その影響が、逆変換後の伸張画像において領域端 (画像の継ぎ目部分) 付近の輪郭の大きなばやけとして現れてしまう。

【0078】そこで、上記の周期的条件の影響を取り除くための処理を以下に説明する。

【0079】ウェーブレット変換では、離散コサイン変換 (DCT) 等とは異なり、局在した波で変換を行っているので、高周波成分における偽エッジの量子化誤差の拡散も偽エッジ付近に局在している。したがって、この波の局在性に注目すると、偽エッジの影響は、以下に示す使用フィルタのタップ数に依じた局所的な処理で取り除くことができる。

【0080】すなわち、偽エッジの影響を受ける範囲は、フィルタのタップ数に依存するので、フィルタのタップ数を n_r とし、以下のフィルタ固有の定数 L_1 、および L_2 、

$$L_1 = n_r - 2$$

$$L_2 = L_1 / 2 = (n_r - 2) / 2$$

を考える。変換前の画像データの領域端において周期的境界条件が課されるのは、 L_1 行・列である。そして、変換によって4帯域に分割されたLL、LH、HL、HHデータにおいて、周期的境界条件の影響が現れるのは各データの周囲 L_1 行・列である。

【0081】一例として、図5に示される第1領域を4タップフィルタを使用してウェーブレット変換する場合を説明する。

【0082】先ず、図10に示すように、ウェーブレット変換を実行しようとする第1領域の画像データ (原画像またはLLデータ) に対して、当該画像データの上下左右端における $L_2 = 2$ ($= 4 - 2$) 行・列分のデータをコピーすることによって、当該画像データを拡張する。同図中のハッチング部分がコピーによって拡大された部分である。尚、図5に示されるように、第1領域の周囲に他の領域のデータが存在する場合、自己のデータをコピーする代わりに、第1領域の周囲にある他の領域のデータを使用して画像データを拡張してもよい。

【0083】そして、上記の拡大されたデータに対して周期的境界条件を課してウェーブレット変換を行い、LL、LH、HL、HHの4つに帯域分割する。そうすると、偽エッジの影響はLL、LH、HL、HHデータの周囲 $L_1 = 1$ ($= L_1 / 2$) 行・列の中に現れる。そこで、図11に示すように、LL、LH、HL、HHデータの周囲 $L_1 = 1$ 行・列分 (同図のハッチング部分) を切り捨てる。この切り捨てたデータ部分は、偽エッジの高周波成分を完全に含んでいる。また、このように変換後の各帯域のデータに対して、変換前の拡張サイズ $L_1 = 2$ の半分のサイズ $L_1 = 1$ で切り捨てるを行うことによって、変換後のデータは通常のデータサイズに戻される。尚、LLデータに関しては、上記の操作を所定の段数 (変換回数) だけ再帰的に行う。上記の処理を行った場合、当該処理の実行を示す情報も付加情報に含ませる。

【0084】また、伸張過程におけるウェーブレット逆変換では、これから逆変換を実行しようとする階層レベルのLL、LH、HL、HHの各帯域データに対して、当該データの上下左右端における圧縮過程で切り捨てたサイズ ($L_1 = 1$ 行・列) 分のデータをコピーすることによって、各帯域のデータを拡張する。

【0085】次に、上記の拡張された各データに対して、周期的境界条件のもとでウェーブレット逆変換を行う。この場合、周期的境界条件の影響は、一つ解像度の上がったLLデータ (または最終伸張画像) の周囲 $L_1 = 2$ 行・列の中に現れるので、この部分を切り捨てる。このように逆変換後のデータに対して、逆変換前の拡張サイズ L_1 の2倍のサイズ L_1 で切り捨てるを行うことによって、逆変換後のデータは通常のデータサイズに戻される。そして、上記の操作を最終伸張画像が得られるまで再帰的に行う。

【0086】上記の処理により、周期的境界条件のもとで設計された4タップ以上のウェーブレット変換フィルタを用いる場合でも、周期的境界条件の影響を、簡単な操作 (領域の周囲のみの局所的なデータ加工) で除去することができ、高画質の復元画像を得ることができる。

【0087】尚、2タップのウェーブレット変換フィルタでは、周期的境界条件を課す必要はなく、当該2タップフィルタで処理した画質の粗い領域は、詳細な情報が必要な領域に量子化誤差の影響を与えないので、上記のような偽エッジの除去処理も一切不要である。この点でも、2タップのフィルタを重要度の最も低い領域のウェーブレット変換処理に使用することは望ましい。

【0088】上記実施形態は、あくまでも、本発明の技術内容を明らかにするものであって、そのような具体例にのみ限定して狭義に解釈されるべきものではなく、特許請求の範囲内で、いろいろと変更して実施することができるものである。

【0089】

【発明の効果】請求項1の発明のウェーブレット変換を用いた画像処理装置は、以上のように、変換対象画像を重要度に応じて複数の領域に分割する領域分割手段と、重要度が高い領域ほど使用するウェーブレット変換フィルタのタップ数が多くなるように、分割された各領域毎に当該フィルタのタップ数を決定するタップ数決定手段と、各領域に定められたタップ数のフィルタを用いて各領域毎にウェーブレット変換を行うウェーブレット変換手段と、ウェーブレット変換後の圧縮データに、領域分割情報および各領域で使用したフィルタ情報を含む付加情報を付け加える情報付加手段とを備えている構成である。

【0090】それゆえ、画像全体を一種類のフィルタで処理するのではなく、画像の局所的な重要度に応じてタップ数を変えてウェーブレット変換を行うことによって、必要な情報を保持したまま高速な処理が可能であるという効果を奏する。

【0091】また、請求項2の発明に係るウェーブレット変換を用いた画像処理装置は、請求項1記載の構成において、最も重要度の低い領域に対して2タップのウェーブレット変換フィルタを使用する構成である。

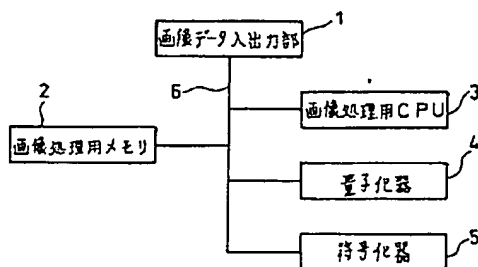
【0092】それゆえ、請求項1の発明の効果に加えて、2タップフィルタでの処理領域には周期的境界条件等の特別な条件を領域端部に課す必要がないため、他領域との境界付近において量子化誤差等の悪影響が生じないという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態を示すものであり、画像圧縮装置における画像処理用CPUの機能モジュール構成を示すブロック図である。

【図2】上記画像圧縮装置の基本的なハード構成を示すブロック図である。

【図2】



*【図3】図1に示されるウェーブレット変換部の概略構成を示すブロック図である。

【図4】上記画像圧縮装置の動作を示すフローチャートである。

【図5】画像の領域分割および各領域で使用するフィルタのタップ数の一例を示す説明図である。

【図6】上記画像圧縮装置で圧縮したデータを伸張する画像伸張装置の基本的なハード構成を示すブロック図である。

【図7】上記画像伸張装置の動作を示すフローチャートである。

【図8】ウェーブレット変換処理の一例を説明する説明図である。

【図9】ウェーブレット変換処理のその他の例を説明する説明図である。

【図10】ウェーブレット変換対象の画像データの拡張操作を説明するための説明図である。

【図11】ウェーブレット変換後の各帯域データのカット操作を説明するための説明図である。

【符号の説明】

2 画像処理用メモリ

3 画像処理用CPU

4 量子化器

5 符号化器

8 画像処理用メモリ

9 画像処理用CPU

10 復号化器

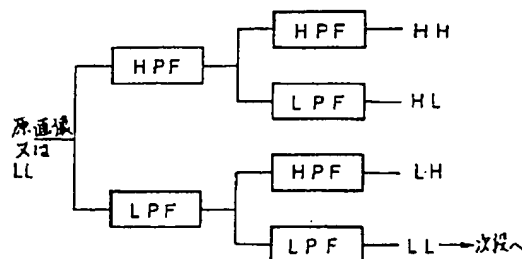
31 領域分割部（領域分割手段）

32 タップ数決定部（タップ数決定手段）

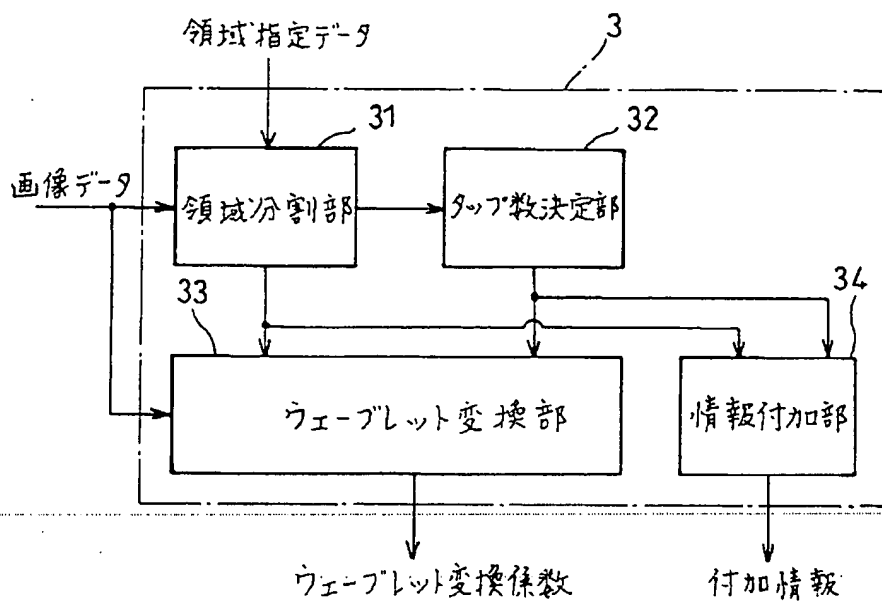
33 ウェーブレット変換部（ウェーブレット変換手段）

34 情報付加部（情報付加手段）

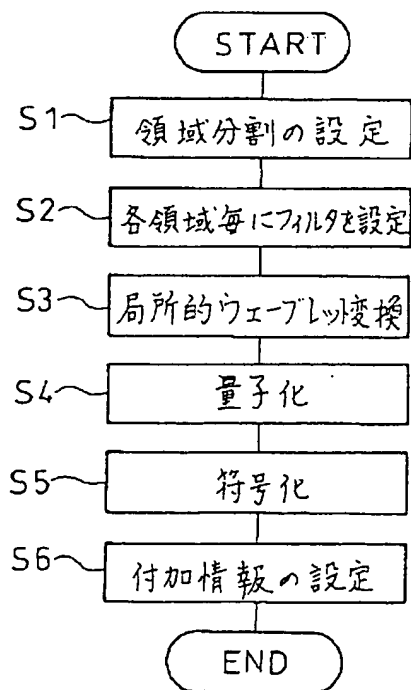
【図3】



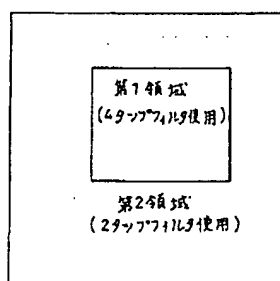
(図1)



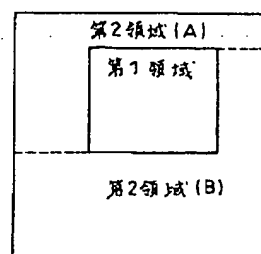
【図4】



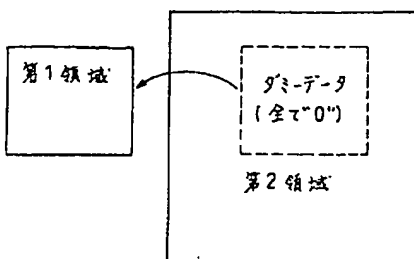
【図5】



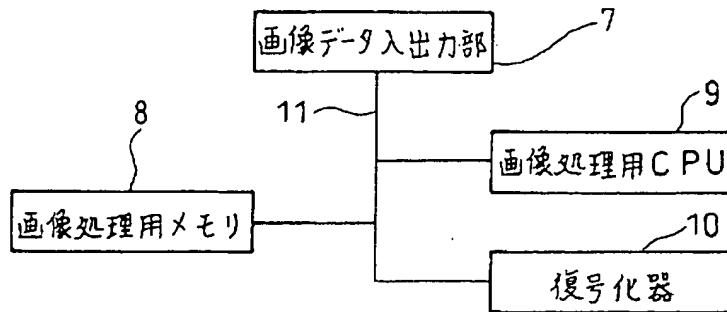
【図9】



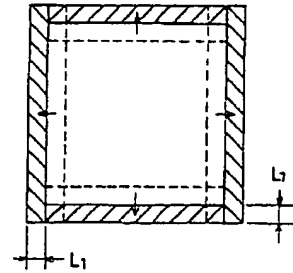
【図8】



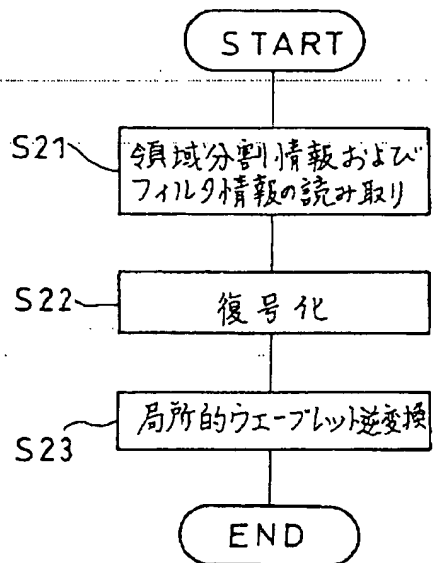
【図6】



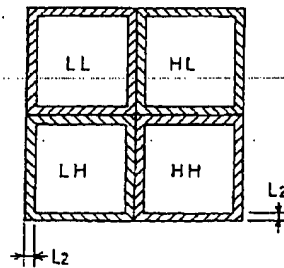
【図10】



【図7】



【図11】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.